10К

УДК 681.3; 681.78

В.П. Кожем'яко, Р.М. Новицький, В.І. Маліновський, Я.М. Бондарчук
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна
oeipt@vstu.vinnica.ua

Око-процесорне розпізнавання образів за ознакою осі орієнтації для геоінформаційно-енергетичної системи

Запропоновані модель та алгоритм визначення центра мас зображення, які дозволяють знаходити моменти інерції центрового зображення будь-якого порядку. Це дозволяє підвищити швидкодію методу покрокового паралельного накопичення, що важливо для геоінформаційно-енергетичної системи управління потоками транспорту. Дана модель і алгоритм з використанням розпізнавання образів за ознаками, зокрема формування осі орієнтації зображення, забезпечують роботу в реальному часі і можуть бути використані для розробки та впровадження нанотехнологічних оптико-електронних високоефективних елементів та пристроїв і їх подальшої інтеграції в загальну структуру обчислювальних, лазерних та оптико-електронних систем і систем штучного інтелекту.

Вступ

Сучасний стан інформаційних технологій характеризується значним розвитком інформаційних апаратних і програмних засобів, накопиченням в базі знань людства величезних обсягів інформації різного типу. Вершиною розвитку інформаційних технологій стали геоінформаційні системи (ГІС), які передбачають високорівневу обробку інформації, її передачу, а також інтелектуальне управління конкретно визначеними ресурсами. Сучасні геоінформаційні системи вміщують велику кількість об'єднаних і просторово розміщених підсистем, кожна з яких орієнтована на виконання конкретних функцій, включаючи збір даних в реальному часі, їх передачу на центр обробки, власне саму обробку і автоматичне чи автоматизоване прийняття рішень, передачу керуючих команд на органи управління. Подальший розвиток геоінформаційних систем привів до розробок геоінформаційно-енергетичних систем [1-3], які передбачають управління, крім інформаційної складової, ще й енергетичною, тобто управління і оптимальний розподіл енергії живлення кінцевих вузлів цих систем, що забезпечує функції автономності від зовнішніх електроенергетичних мереж [2], [3], енергозбереження за рахунок керованого в часі потоку електроенергії.

Геоінформаційно-енергетичні системи (ГІЕС) – сучасні високотехнологічні комплексні апаратні і програмні рішення, які передбачають аналіз, обробку і прийняття рішення як у інформаційній, так і у енергетичній сферах, оптимальне управління і перерозподіл інформаційних і енергетичних просторово(географічно)-рознесених ресурсів. Оптимальне управління, перерозподіл і прийняття рішень при цьому забезпечується інтелектуальними системами, розташованими у локальних центрах керування. Інформація і енергія при цьому розглядаються у спільному інформаційно-енергетичному консенсусі [1-4].

Для створення геоінформаційно-енергетичної системи управління транспортними потоками і освітленням, яка організує повністю автоматизований процес управління дорожнім рухом, інтелектуалізацію засобів сприйняття візуальної інформації

(наприклад, дорожніх світлофорів, знаків та інформаційних табло), а також зменшує число окремих інформаційних і енергетичних комунікацій. Останнє досягається за рахунок використання об'єднаних варіантів інформаційно-енергетичних каналів на основі бінарних провідників [1], які являють собою структуру з оптичного волокна – середовища для високошвидкісної передачі інформації та металеву струмонесучу оболонку, яка його оточує, що являється середовищем для передавання електроенергії для апаратних блоків інформаційних підсистем ГІЕС, необхідно впровадити в систему розпізнавання транспортних об'єктів зі сцен транспортних потоків такі засоби ідентифікації, які б працювали в реальному часі, враховуючи швидкоплинність та гострий динамізм ситуацій на дорогах, щоб упередити виникнення аварійних ситуацій.

Постановка задачі

При реалізації інтерактивного управління дорожнім рухом шляхом оповіщення водіїв транспортних засобів за допомогою інтелектуально-керованих світлофорів та сигнальних знаків, світлодіодних дорожніх знаків, камер відеоспостереження та інформаційних табло, необхідним є швидке і якісне розпізнавання зорових образів, що реалізується на спеціалізованих технічних засобах ГІЕС, для якісної побудови яких необхідна розробка більш швидкодіючих і ефективних алгоритмів розпізнавання образів на базі високопродуктивних оптичних процесорів, зокрема алгоритмів визначення центру мас зображення, що є однією з основних характеристик процесу розпізнавання.

Просування в побудові оптичних процесорів потребує створення нових архітектур, однією з них є структура око-процесорного типу, де обробка базується на образних операціях за ознаками паралельно в сполученні з архітектурами нейромереж, здатних до навчання і самонавчання.

Для надання ГІЕС властивостей інтелектуальності необхідно використати результати наукових досліджень, які отримані в напрямі створення паралельного образного комп'ютера око-процесорного типу з використанням алгоритмів ідентифікації образів за ознаками. В якості однієї з найбільш радикально-конструктивних ознак є вісь орієнтації у вигляді прямої лінії, що проходить через центри мас та зв'язності.

Для розпізнавання зображень в реальному часі початковою є проблема виділення та обробка їх ознак. Для цієї проблеми властивим є підхід, за яким зображення нормується для порівняння з еталонами, для чого потрібна попередня обробка, що передбачає «центрування» зображень. Більш того, щоб підвищити швидкодію процесу розпізнавання, а також суттєво спростити саму процедуру, провідною тенденцією стає відхід від класичної «початкової» обробки і перехід до розпізнавання за ознаками при допомозі нейроподібних засобів [5], [6].

Однією зі суттєвих задач для створення сучасних око-процесорних систем технічного зору є аргументація вибору моделей і алгоритмів паралельної обробки з визначенням координат центру мас та осі орієнтації зображення.

Формування осі орієнтації зображення

Якість розпізнавання в більшій мірі залежить від того, наскільки сукупність знайдених ознак відображає найсуттєвішу різницю об'єктів різних класів і схожість об'єктів одного і того ж класу. Але універсального підходу для виявлення інформативних ознак не існує, і для кожної задачі розпізнавання проблему ознак потрібно вирішувати окремо. Ознаки зображення поділяють на кількісні, які безпосередньо вимірюються, та якісні, які позначаються символами. Деякі з них визначаються за допомогою контурів зображень, причому вимірювання цих ознак можна робити в

масштабі реального часу [7]. Задачею символьного опису зображень є перехід від набору найпростіших ознак до суттєво меншого набору засобів опису, які можуть служити початковими даними для подальшої семантичної інтерпретації. Типові графічні символи у вигляді ланцюжка контурних точок утворюють межу об'єкта, зв'язані області постійної яскравості, кольору чи температури. Геометричні фігури, прямокутники, трикутники, кола також можуть бути і іншими символами.

Головний етап під час формування символьного опису зображення полягає в тому, що визначення геометричних співвідношень і зв'язності між елементами повинно бути за умови належності їх до одного класу. В основі більшості методів визначення зв'язності лежить цифрова модель, яка здійснена на основі розрахунків точок прямокутного растру, поля безперервного зображення. Метою такого методу є формування простих ознак для аналізу бінарних та напівтонових зображень, за допомогою яких можна описувати та ідентифікувати різні геометричні фігури, які мають складну форму. Основний етап при формуванні символьного опису зображення полягає у визначенні геометричних співвідношень зв'язності між елементами. В основі методу визначення зв'язності лежить цифрова модель, отримана на базі розрахунків точок прямокутного растру, поля безупинного зображення.

Метод визначення центра зв'язності заснований на способі урівноваження сум зв'язності. Із загального випадку багатоградаційних зображень розглядається деякий елемент, який зв'язаний із вісьмома сусідніми (рис. 1).



Рисунок 1 – Напрям елементів зв'язності

Для дослідження застосовані бінарні зображення у вигляді плоских геометричних фігур в декартовій системі координат. Дискретні елементи контурного зображення мають логічні ознаки, які приймають значення 1 чи 0 і визначаються з умови належності до лінії контуру.

Для підвищення точності орієнтації динамічного плямоподібного зображення (ПЗ) введено нову ознаку – вісь орієнтації у вигляді прямої лінії, яка проходить через центри ваги і зв'язності. В роботі [7] описується метод визначення центра мас і моментів інерції центрованого зображення, який дозволяє знаходити моменти будь-якого порядку за допомогою лише операцій додавання, що дозволяє підвищити швидкодію обчислень під час покрокового паралельного накопичення.

Такий підхід формування вісі орієнтації дозволяє зменшити обчислювальні витрати при визначенні кута орієнтації плямоподібного зображення, силуетний контур якого має складну форму.

Алгоритм визначення центра мас за ознаками

Розглянуті принципи реалізації пристрою для визначення координат центра мас зображення орієнтовані на сучасні нанотехнології [8]. В основу даних досліджень було поставлено завдання підвищення швидкодії визначення координат центра мас

зображення та розширення області застосування з можливістю використання його як складової око-процесорної обробки даних в геоінформаційно-енергетичній системі управління потоками транспорту. Поставлене завдання досягається введенням в відомий пристрій блока постійної динамічної пам’яті на ВОЛЗ, блока порівняння результатів роботи пристрою із еталонами, нанотехнологічно виконаного оптико-електронного операційного екрана.

Згідно з алгоритмом роботи блока управління формуються послідовності імпульсів двонаправленого зв’язку блока постійної пам’яті і блока управління, в залежності від цих імпульсів пристрій може працювати в режимі визначення координат центра мас поточного зображення або в режимі ідентифікації (пошуку) збігів поточного зображення з еталоном, в другому режимі після виходу блока пам’яті на вхід блока порівняння результатів роботи пристрою подаються сигнали високого рівня, вихід блока порівняння, як і виходи регістрів, відповідно, є входами оптико-електронного операційного екрана, який забезпечує індикацію результатів роботи пристрою.

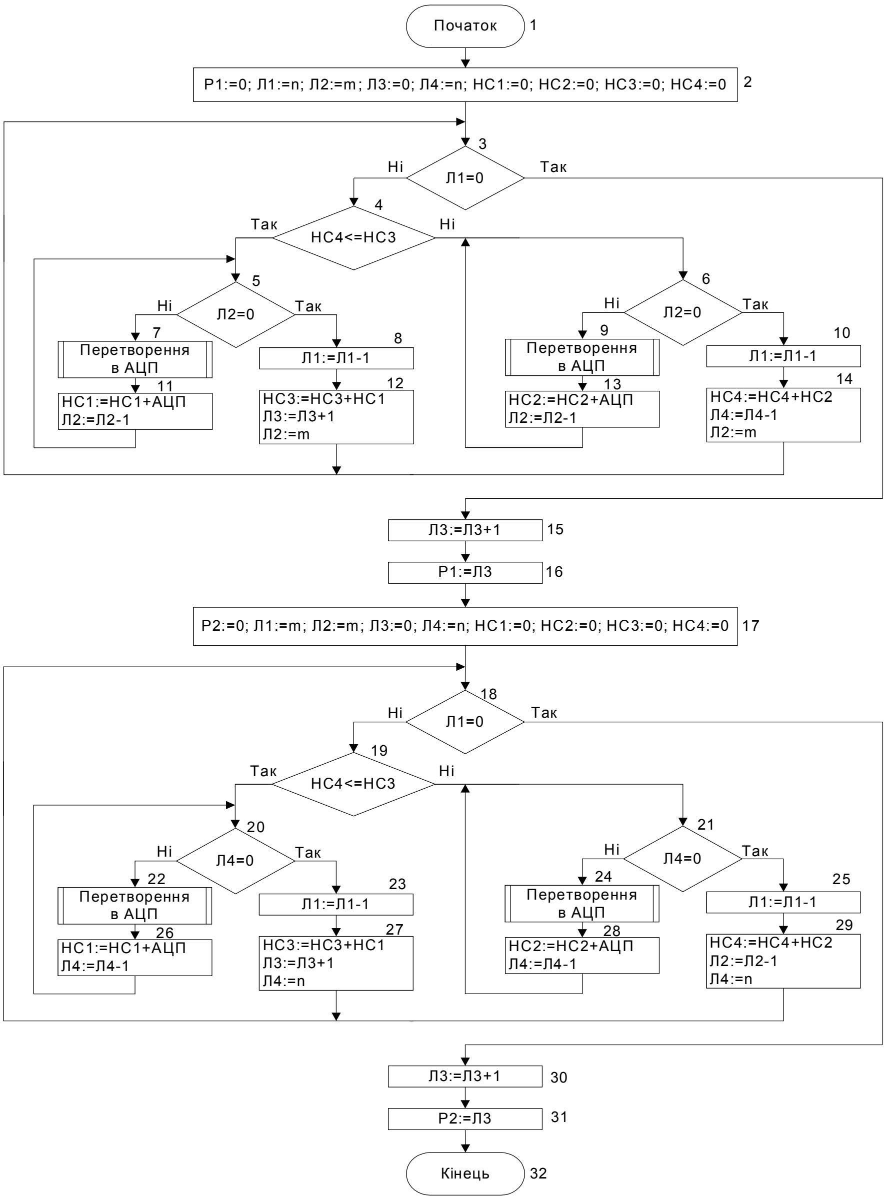


Рисунок 2 – Алгоритм визначення центра мас зображень за ознаками

Блок постійної пам'яті і міжблокових зв'язків пропонується виконати на волоконно-оптичних лініях зв'язку, причому блок постійної пам'яті містить базу еталонів, що дозволяє використовувати пристрій також для класифікації образів. Оптико-електронний операційний екран пропонується виконати на оптоелектронних модулях в єдиному нанотехнологічному циклі [5].

Оптико-електронний операційний екран виконується у вигляді складної нанотехнологічної структури, яка у верхньому шарі відображає інформацію, а у нижньому шарі виконує перетворення кодів.

На рис. 2 представлений алгоритм визначення центра мас зображень за ознаками, орієнтований на застосування в системах штучного інтелекту.

Розглянемо алгоритм роботи пристрою. Зображення (рис. 3) проектується на вхід фотоелектронного датчика, який містить $m \times n$ комірок. На початку визначається координата X_C. За сигналом запуску починається вибірка вмісту постійного блока пам'яті. Фотоелектричний датчик передає сигнал на АЦП, який запускає накопичувальні суматори, які, в свою чергу, з'єднані з блоком управління та схемою порівняння. Відбувається вибірка та накопичення значень комірок нульового стовпця фотоелектричного датчика. Схема порівняння впливає на керуючий вхід блока дозволу читання, який, в свою чергу, подає сигнали управління на блоки вибору стовпців і рядків, які формують інформаційні сигнали для дешифраторів. Далі активізуються лічильники в залежності від послідовності сигналів на входах блоку управління, які, в свою чергу, керують початком роботи регістрів. Коли комірки усіх стовпців, крім одного, опитані, в накопичувальних суматорах зберігаються значення статистичних моментів інерції лівої та правої частин зображення відносно шуканої координати X_C, а результат присвоюється регістру та може або зчитуватися на оптикоелектронному операційному екрані, або подаватися для подальшої обробки на блок порівняння результатів. Аналогічно відбувається визначення координати Y_C.

Шукана координата визначається за допомогою виразу:

$$\sum_{j=1}^{l-1}(l-j)\left\|h_{(j)}\right\| = \sum_{i=1}^{n-1} i\left\|h_{(l+i)}\right\|, \qquad (1)$$

де $\left\|h_{(i)}\right\|$, $\left\|h_{(j)}\right\|$ – відповідно до норми i-го вектора-стовпця і j-го вектора-рядка.

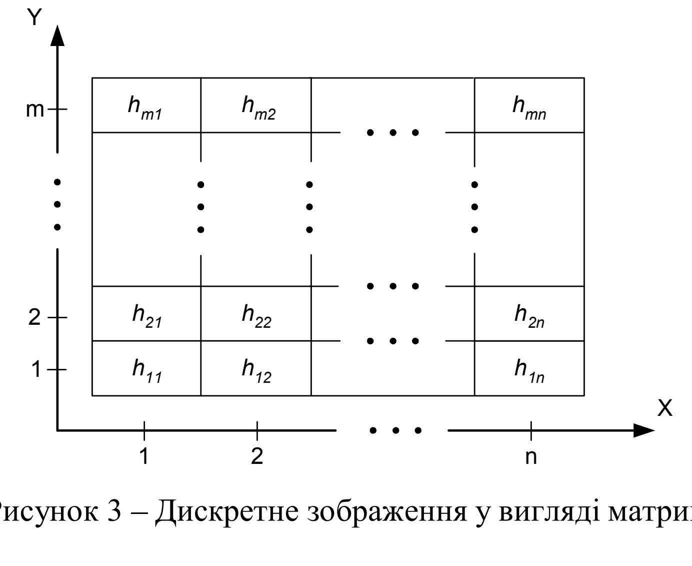


Рисунок 3 – Дискретне зображення у вигляді матриці

Ліву частину рівності можна записати як

$$\sum_{j=1}^{1}\left\|h_{(j)}\right\| + \sum_{j=1}^{2}\left\|h_{(j)}\right\| + \ldots + \sum_{j=1}^{l-1}\left\|h_{(j)}\right\| = \sum_{a=1}^{l-1}\sum_{j=1}^{a}\left\|h_{(j)}\right\|. \quad (2)$$

Приведемо у відповідність праву частину рівності

$$\sum_{i=1}^{1}\left(\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right) + \sum_{i=1}^{2}\left(\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right) + \ldots + \sum_{i=1}^{n-1}\left(\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right) = \sum_{b=1}^{n-1}\sum_{i=1}^{a}\left(\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right). \quad (3)$$

В результаті одержимо вираз, за допомогою якого визначається шукана координата

$$\sum_{a=1}^{l-1}\sum_{j=1}^{a}\left\|h_{(j)}\right\| = \sum_{b=1}^{n-1}\sum_{i=1}^{a}\left(\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right), \quad (4)$$

де $\left\|h_{(j)}\right\|$, $\left\|h_{(n+1-i)}\right\|$ – норми відповідних векторів-стовпців матриці.

За методом нормувальних моментів координати X_C і Y_C центра мас зображення визначаються такими виразами:

$$X_C = \left\|H_{mn}\right\|^{-1}\sum_{i=1}^{n} i\left\|h_{(i)}\right\|, \quad (5)$$

$$Y_C = \left\|H_{mn}\right\|^{-1}\sum_{j=1}^{m} j\left\|h_{(j)}\right\|, \quad (6)$$

де $\left\|H_{mn}\right\|$ – норма матриці H_{mn}.

З цих виразів можна отримати:

$$X_C = \left\|H_{mn}\right\|^{-1}\sum_{i=1}^{n} i\left\|h_{(i)}\right\| = \left(\left\|h_{(1)}\right\| + \left\|h_{(2)}\right\| + \ldots + \left\|h_{(n-1)}\right\| + \left\|h_{(n)}\right\|\right)^{-1} \times$$

$$\times\left(\left\|h_{(1)}\right\| + 2\left\|h_{(2)}\right\| + \ldots + (n-1)\left\|h_{(n-1)}\right\| + n\left\|h_{(n)}\right\|\right) = \left(\sum_{i=1}^{n}\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right)^{-1} \times$$

$$\times\left(\sum_{i=1}^{1}\left\|h_{(n+1-i)}\right\| + \sum_{i=1}^{2}\left\|h_{(n+1-i)}\right\| + \ldots + \sum_{i=1}^{n-1}\left\|h_{(n+1-i)}\right\| + \sum_{i=1}^{n}\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right) =$$

$$= \left(\sum_{i=1}^{n}\left\|h_{(n+1-i)}\right\|^{-1}\right) \times \left(\sum_{l=1}^{n}\sum_{i=1}^{l}\left\|h_{(n+1-i)}\right\|\right). \quad (7)$$

Аналогічно

$$Y_C = \left(\sum_{j=1}^{m}\left\|h_{(m+1-j)}\right\|^{-1}\right) \times \left(\sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{k}\left\|h_{(m+1-j)}\right\|\right). \quad (8)$$

Важливо зауважити, що

$$\sum_{i=1}^{n}\left\|h_{(n+1-i)}\right\| = \sum_{i=1}^{l}\left\|h_{(n+1-i)}\right\|, \text{ якщо } l = n,$$

$$\text{а } \sum_{j=1}^{m}\left\|h_{(m+1-j)}\right\| = \sum_{j=1}^{k}\left\|h_{(m+1-j)}\right\|, \text{ якщо } k = m.$$

Під час визначення X_C і Y_C немає необхідності знаходити величини, які визначаються лівими частинами цих рівностей. Представлена математична модель дозволяє визначити координати центра як бінарного, так і напівтонового зображення [7].

Застосування алгоритму у багатофункціональному оптоелектронному модулі

Авторами був розроблений та запатентований оптоелектронний модуль (рис. 4) для запису, збереження та відображення інформації [4], який володіє динамічною багатофункціональністю та здатен поєднувати високу швидкодію оптичної обробки інформації з методиками розпаралелювання обчислювального процесу.

За рахунок введення нових елементів забезпечується перехід до одинично-позиційного коду після закінчення режиму запису на початку режиму збереження та забезпечується контролездатність як у режимі запису, так і в режимі збереження інформації. Також, володіючи на сучасному етапі можливостями нанотехнологій для створення гібридних оптоелектронних комп’ютерів, були розглянуті нанотехнологічні принципи реалізації даного модуля [5].

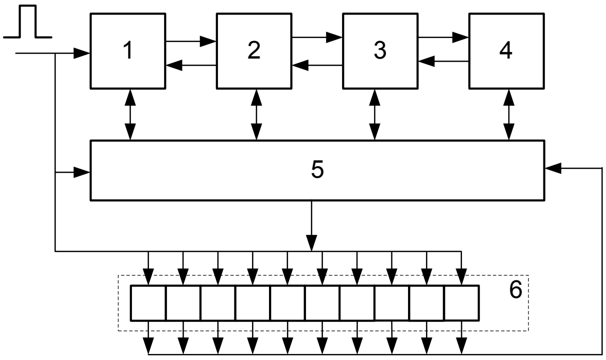


Рисунок 4 – Загальна структура оптоелектронного модуля:
1 – джерело світла; 2 – регенеративний оптрон; 3 – тактовний рахунковий тригер;
4 – тактовний RS-тригер; 5 – вузол контролю; 6 – розрядна лінійка

Висновки

В результаті даних досліджень поставлена та формально вирішена проблема швидкого і якісного розпізнавання зорових образів за ознакою осі орієнтації зображення, а саме визначення координат центра мас зображення та розширення області застосування з можливістю використання його як складової око-процесорної обробки даних для впровадження в геоінформаційно-енергетичну систему управління потоками транспорту.

Література

1. Оптико-електронна геоінформаційно–енергетична система тотального тестування і оптимального управління науково-освітянськими і бібліотечними ресурсами для створення і розвитку централізованої бази знань / В.П. Кожем’яко, О.Г. Домбровський, І.Д. Івасюк та ін. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – №1(9). – С. 5-11.
2. Кожем’яко В.П. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система управління інфраструктурою регіону / В.П. Кожем’яко, С.В. Дусанюк, Л.О. Волонтир, О.А. Бойко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2004. – № 2(8). – С. 9-15.
3. Шевченко О.В. Принципи організації та структурна організація оптико-електронних геоінформаційно-енергетичних систем / О.В. Шевченко, С.В. Дусанюк, А.В. Кожем’яко, Р.Л. Кобзаренко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 2(14). – С. 109-116.
4. Патент на винахід (UA) №380107. Оптоелектронна інформаційно-енергетична мережа. – Заявка

№2001075383 від 27.07.2001, МПК 7H04B10/12, H04N7/173, / Кожем'яко В.П., Білан С.М., Кожем'яко О.В., Білан С.С., Ільницький В.А. / відносно винаходів RU 2127489 C1, 10.03.1999, WO 9935845, 15.07.1999.
5. Кожем'яко В.П. Нанотехнологічні принципи реалізації оптоелектронного модуля для запису, збереження та відображення інформації / В.П. Кожем'яко, А.А. Яровий, Р.М. Новицький // Комп'ютинг. – 2007. – Т. 6, № 3. – С. 52-60.
6. Методологічні аспекти принципів паралельності та ієрархічності в нейронній обробці інформації / В.П. Кожем'яко, Л.І. Тимченко, А.А. Яровий, Р.М. Новицький // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 2(12). – С. 98-109.
7. Кормановський С.І. Око-процесорна обробка та розпізнавання образної інформації за геометричними ознаками / С.І. Кормановський, В.П. Кожем'яко. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2008. – 160 с. – ISBN 978-966-641-240-2.
8. Принципи реалізації пристрою для визначення координат центра мас зображення, орієнтовані на сучасні нанотехнології / В.П. Кожем'яко, Г.Д. Дорощенков, Р.М. Новицький, О.А. Бойко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 1(20). – С.132-139.
9. Устройство для определения координат центра тяжести изображения : а.с. 1513485 СССР : МКИ G06K 9/00 / М.В. Кармалита, В.П. Кожемяко, Ю.Ф. Кутаев. – № 4295100/24-24 : заявл. 02.07.87 ; опубл. 07.10.89, Бюл. № 37. – 7 с.
10. Паралельно-ієрархічне перетворення як системна модель оптико-електронних засобів штучного інтелекту : монографія / В.П. Кожем'яко, Ю.Ф. Кутаєв, С.В. Свєчніков [та ін]. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2003. – 324 с. – ISBN 966-641-072-9.

В.П. Кожемяко, Р.М. Новицкий, В.И. Малиновский, Я.М. Бондарчук

Глаз-процессорное распознавание образов по признаку оси ориентации для геоинформационно-энергетической системы

Предложены модель и алгоритм определения центра масс изображения, которые позволяют находить моменты инерции центрового изображения любого порядка. Это позволяет повысить быстродействие метода пошагового параллельного накопления, что важно для геоинформационно-энергетической системы управления потоками транспорта. Данная модель и алгоритм с использованием распознавания образов за признаками, а именно формирование оси ориентации изображения, обеспечивают работу в реальном времени и могут быть использованы для разработки и внедрения нанотехнологических оптико-электронных высокоэффективных элементов и устройств и их последующей интеграции в общую структуру вычислительных, лазерных и оптико-электронных систем и систем искусственного интеллекта.

V.P. Kozhemjako, R.M. Novitsky, V.I. Malinovsky, Y.M. Bondarchuk

Eye-Processor Recognition of Images Behind Sign of an Axis of Orientation for a Geoinformation-Power System

The model and algorithm of definition of the centre of weights of the image which allowing to find the inertia moments centeric images of any order are offered. That allowing increases speed of step-by-step parallel accumulation method, that is important geoinformation-power system of management of streams of transport. This model and algorithm with use of recognition of images behind signs, work is provided in real time, and can be used for development and introduction of nanotehnologicheskih opto-electronic highefficient elements and devices and their subsequent integration in the general structure of the systems and intelligence systems a computer, laser and opto-electronic systems and artificial intelligence systems.

Стаття надійшла до редакції 17.06.2009.